

## Wirtsgestein Tonstein / Tongestein

Tongesteine sind klastische Sedimente und Sedimentgesteine, die überwiegend aus Mineralpartikeln kleiner 0,002 mm (Tonfraktion) bestehen (z.B. Heim 1990). Vorwiegend sind Tongesteine aus Tonmineralen aufgebaut, untergeordnete Bestandteile sind Quarz, Karbonate, Feldspäte und Akzessorien wie Eisensulfide (Pyrit, Markasit), Titanoxide (Anatas, Rutil), Apatit, Eisenoxihydroxide (Goethit) und Apatit sowie Gips und organischer Kohlenstoff (z.B. Füchtbauer 1988, Heim 1990). Tongesteine mit ihrem charakteristisch kleinen Teilchendurchmesser sind meist durch den Absatz von Partikeln aus aquatischen Transportmedien entstanden. Aquatischer Transport von Ton erfolgt sowohl in terrestrischer Umgebung (Flüsse und Seen) als auch marin (Küsten/Schelf und Tiefsee) (z.B. Füchtbauer 1992).

Die guten Eigenschaften als Barriere- bzw. Wirtsgestein bei der Endlagerung hoch radioaktiver Abfälle sind im Wesentlichen auf die fein- bzw. feinst- körnige Textur der Tongesteine sowie auf deren mineralogische Zusammensetzung zurückzuführen. Tongesteine weisen durch ihre Zusammensetzung geringe Permeabilität bzw. niedrige Durchlässigkeitsbeiwerte auf (siehe z.B. Bryant 2003, Katsube & Connell 1998, Neuzil 1994), wirken als chemische Puffer und besitzen ein sehr hohes Sorptionsvermögen für Radionuklide (Müller-Vonmoos & Kohler 1993) sowie ein sehr geringes Lösungsverhalten. Bei niedrigem Diagenese-/Verfestigungsgrad haben sie eine hohe Plastizität und sind bei entsprechenden Gehalten an Dreischicht-Tonmineralen quellfähig durch Wasseraufnahme (Müller-Vonmoos & Kohler 1993).

Die Barriere- Eigenschaften des Tongesteins werden wesentlich durch das Verhältnis, in dem die verschiedenen Tonminerale (z.B. Kaolin-Mineralen, Illite, Montmorillonite / Smektiten, Chlorite, Vermikulite) auftreten, sowie durch das Verhältnis von Tonmineralen zu anderen Mineralen (z.B. Feldspat, Quarz) und deren Korngrößen bestimmt. Ebenso sind petrophysikalische und geomechanische Eigenschaften der Tongesteine abhängig von der Versenkungsgeschichte und die damit verbundene mechanische sowie physikochemische Kompaktion / Verfestigung, Mineralumwandlung und Zementation (Burley & Worden 2003).

Laut § 23 Absatz 1 StandAG (2017) müssen die einschlusswirksamen Gebirgsbereiche eines Endlagersystems eine Gebirgsdurchlässigkeit mit  $k_f$ -Werten von  $< 100 \text{ pm/s}$  ( $< 10^{-10} \text{ m/s}$ ) aufweisen. Entsprechend § 23 Absatz 5 Satz 5 StandAG dürfen keine Erkenntnisse oder Daten vorliegen, welche Zweifel an der Einhaltung der Mindestanforderung zur Gebirgsdurchlässigkeit erscheinen lassen. Im StandAG werden die Termini Tongestein und Tonstein synonym verwendet. Daher definiert die Vorhabenträgerin BGE mbH plastische „Tone“ und diagenetisch verfestigte „Tonsteine“ als „Tongestein“.

Als Tongesteinsformation werden im Folgenden Gesteinsformationen bezeichnet, die überwiegend aus Tongesteinen bestehen, aber noch zusätzlich andere Gesteine wie z.B. Sandsteine oder Karbonatgesteine enthalten. Tongesteinsformationen werden somit nicht ausschließlich durch Tongesteine charakterisiert; eingeschlossen werden damit auch Ton-dominierte Vertreter aus der kontinuierlichen Reihe Kalkstein – Mergel – Tonstein. Nicht zu den

Tongesteinen zählen die Tonschiefer, bei denen es sich um metamorphe Tonsteine handelt, die nicht nach Schichtflächen, sondern nach Schieferungsflächen ablösen.

Aufgrund ihrer günstigen Eigenschaften für die Endlagerung radioaktiver Abfälle wurden und werden international sowohl unverfestigte Tone wie z.B. die Boom Clay Formation in Belgien (siehe dazu OECD 2003, Van Marcke et al. 2005) als auch verfestigte Tonsteine wie z.B. der Opalinuston in der Schweiz (siehe dazu Nagra 2001, 2002) sowie Tonsteine des Callovium-Oxfordium in Frankreich (siehe dazu ANDRA 2005) in Untertage-Laboren erforscht.

## Literatur

- ANDRA (2005): *Dossier 2005 Argile, Tome „Phenomenological evolution of a geological repository“, Rapport de Synthèse*. Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (ANDRA). Châtenay-Malabry, France
- Bryant, W. R. (2003): *Permeability of clays, silty-clays and clayey-silts*. In: E. D. Scott, A. H. Bouma & W. R. Bryant (Hrsg.): *Siltstones, mudstones and shales: depositional processes and characteristics*. S. 344-352, Tulsa: Society for Sedimentary Geology & Gulf Coast Association of Geological Societies. ISBN 1-56576-094-8. DOI: 10.2110/sepmmisc.01.0344.
- Burley, S. & Worden, R. (Hrsg.) (2003): *Sandstone diagenesis: recent and ancient (Vol. 24)*. Malden/Massachusetts: Blackwell Publ. ISBN 1-4051-0897-5
- Füchtbauer, H. (Hrsg.) (1988): *Sedimente und Sedimentgesteine (Sediment-Petrologie Teil II)*. 4. Aufl. Stuttgart: Schweizerbart. ISBN 978-3-510-65138-2
- Füchtbauer, H. (1992): *Sedimentologie und Diagenese des Oberkarbons in NW-Deutschland*. *Zeitschrift für angewandte Geologie*, Bd. 38, S. 37-40. ISSN 0044-2259
- Heim, D. (1990): *Tone und Tonminerale - Grundlagen der Sedimentologie und Mineralogie*. Stuttgart: Enke. ISBN 3-432-98741-2
- Katsube, T. J. & Connell, S. (1998): *Shale permeability characteristics. Current research (Geological Survey of Canada)*, Bd. 1998-E, S. 183-192. ISSN 1701-4387. DOI: 10.4095/209964.
- Müller-Vonmoos, M. & Kohler, E. E. (1993): *Geotechnik und Entsorgung*. In: K. Jasmund & G. Lagaly (Hrsg.): *Tonminerale und Tone: Struktur, Eigenschaften, Anwendungen und Einsatz in Industrie und Umwelt*. S. 312-357, Heidelberg: Steinkopff. ISBN 978-3-7985-0923-8
- Nagra (2001): *Sondierbohrung Benken*. Nagra Technischer Bericht NTB 00-01. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle. Wetztingen
- Nagra (2002): *Projekt Opalinuston: Synthese der geowissenschaftlichen Untersuchungsergebnisse: Entsorgungsnachweis für abgebrannte Brennelemente, verglaste hochaktive sowie langlebige mittelaktive Abfälle*. Nagra Technischer Bericht NTB 02-03. Nationale Genossenschaft für die Lagerung radioaktiver Abfälle. Wetztingen

Neuzil, C. E. (1994): *How permeable are clays and shales? Water resources research*, Bd. 30, S. 145-150. ISSN 0043-1397. DOI: 10.1029/93WR02930.

OECD (2003): *SAFIR 2: Belgian R&D Programme on the Deep Disposal of High-level and Long-lived Radioactive Waste: An International Peer Review*. Paris: Nuclear Energy Agency, Organisation for Economic Co-Operation and Development. ISBN 92-64-18499-6

StandAG (2017): Standortauswahlgesetz vom 5. Mai 2017 (BGBl. I S. 1074), das zuletzt durch Artikel 3 des Gesetzes vom 12. Dezember 2019 (BGBl. I S. 2510) geändert worden ist.

Van Marcke, P., Laenen, B. & Wouters, L. (2005): *The Ypresian Clays as Possible Host Rock for Radioactive Waste Disposal: An Evaluation*. Report NIROND TR-2005-01 E. ONDRAF/NIRAS. Bruxelles